

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Mitsuhiro NADA

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HEREWITH

FOR: METHOD OF ESTIMATING TEMPERATURE AND DEVICE...

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

| <u>COUNTRY</u> | <u>APPLICATION NUMBER</u> | <u>MONTH/DAY/YEAR</u> |
|----------------|---------------------------|-----------------------|
| JAPAN | 2000-136001 | MAY 9, 2000 |

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ is submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
☐ are submitted herewith
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Norman F. Oblon
Registration No. 24,618

Robert T. P. us
Registration No. 29,099



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)



#6
OK
19/20/01

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 5月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-136001

出 願 人

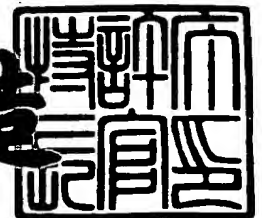
Applicant (s):

トヨタ自動車株式会社

2001年 1月19日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3113817

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA14D368

【提出日】 平成12年 5月 9日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 G01K 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 灘 光博

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100096817

【弁理士】

【氏名又は名称】 五十嵐 孝雄

【電話番号】 052-218-5061

【選任した代理人】

【識別番号】 100097146

【弁理士】

【氏名又は名称】 下出 隆史

【選任した代理人】

【識別番号】 100102750

【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 浩

【選任した代理人】

【識別番号】 100109759

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 光宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007847

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708410

【包括委任状番号】 9904031

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 温度推定方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 温度の推定方法であって、

- (a) 比較的緩慢な温度変化を示す第 1 の対象物を特定する工程と、
 - (b) 通電に起因した自らの発熱の有無に応じて比較的急速な温度変化を示し、前記第 1 の対象物の近傍にあって前記第 1 の対象物との間で熱交換を行い、前記発熱が無いときには前記第 1 の対象物とほぼ等しい温度に収束する第 2 の対象物を特定する工程と、
 - (c) 前記第 1 と第 2 の対象物の一方の温度を決定する工程と、
 - (d) 前記第 1 と第 2 の対象物の他方の温度を、前記工程 (c) で決定された温度と、前記通電の量を実質的に表す値とに基づいて推定する工程と、
- を備えることを特徴とする温度推定方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の温度推定方法であって、

前記第 1 の対象物の温度を T_1 、前記第 2 の対象物の温度を T_2 、前記通電量を実質的に表す値に関連付けられた前記第 2 の対象物の温度上昇量を ΔT とするとき、

前記温度上昇量 ΔT と前記通電量を実質的に表す値との関係が予め設定されており、

前記工程 (d) における推定が、次式、

$$T_2 = T_1 + \Delta T$$

に従って実行される、温度推定方法。

【請求項 3】 請求項 2 記載の温度推定方法であって、

前記第 2 の対象物はパワー半導体素子であり、

前記第 1 の対象物は前記パワー半導体素子を冷却するための冷却材であり、

前記工程 (d) は、予め設定された前記温度上昇量 ΔT と前記パワー半導体素子の通電量を実質的に表す値との関係から、前記パワー半導体素子の通電量を実質的に表す値に応じて前記温度上昇量 ΔT を決定する工程を含む、温度推定方法。

【請求項 4】 請求項 2 記載の温度推定方法であって、
前記第 1 の対象物は電動機のステータ鉄心であり、
前記第 2 の対象物は前記電動機のステータコイルであり、
前記工程 (d) は、は、予め設定された前記温度上昇量 ΔT と前記電動機の通電量を実質的に表す値との関係から、前記電動機の通電量を実質的に表す値に応じて前記温度上昇量 ΔT を決定する工程を含む、温度推定方法。

【請求項 5】 請求項 4 記載の温度推定方法であって、
前記工程 (c) は、
前記電動機のステータを冷却するための冷却材の温度と、前記電動機の通電量を実質的に表す値とに基づいて前記ステータ鉄心の温度を決定する工程を含む、温度推定方法。

【請求項 6】 請求項 1 記載の温度推定方法であって、
前記第 2 の対象物は電動機のステータ鉄心であり、
前記第 1 の対象物は前記電動機のステータを冷却するための冷却材であり、
前記工程 (d) は、前記冷却材の温度と、前記電動機の通電量を実質的に表す値とに基づいて前記ステータ鉄心の温度を決定する工程を含む、温度推定方法。

【請求項 7】 請求項 1 記載の温度推定方法であって、
前記第 2 の対象物はパワー半導体素子であり、
前記第 1 の対象物はパワー半導体素子を冷却するための冷却材であり、
前記工程 (c) は、前記パワー半導体素子に設けられた温度センサによって前記パワー半導体素子の温度を測定する工程を含み、
前記工程 (d) は、前記冷却材の温度を、前記パワー半導体素子の通電が無い状態における前記パワー半導体素子の温度変化から決定する工程を含む、温度推定方法。

【請求項 8】 第 1 と第 2 の対象物の一方の温度から他方の温度を推定するための装置であって、

前記第 1 の対象物は比較的緩慢な温度変化を示す特性を有し、
前記第 2 の対象物は、通電に起因した自らの発熱の有無に応じて比較的急速な温度変化を示し、前記第 1 の対象物の近傍にあって前記第 1 の対象物との間で熱

交換を行い、前記発熱が無いときには前記第 1 の対象物とほぼ等しい温度に収束する特性を有し、

前記温度推定装置は、

前記第 1 と第 2 の対象物の一方の温度を決定する温度決定部と、

前記第 1 と第 2 の対象物の他方の温度を、前記温度決定部で決定された温度と、前記通電の量を実質的に表す値とに基づいて推定する推定部と、
を備えることを特徴とする温度推定装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

この発明は、温度センサが設けられていない部分の温度を推定する技術に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

温度の測定には、温度センサを用いるのが普通である。しかし、温度センサを直接取り付けられない部分の温度を知りたい場合がある。また、温度センサの数が多くなるに従ってその故障確率が高くなるので、温度センサの数をなるべく減らしたい場合もある。このような場合に、従来は、温度以外の物理量を測定し、その物理量の温度依存性に基づいて温度が推定されていた。例えば、特開平 7 - 2 3 4 4 1 6 2 号公報には、I G B T（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）の順方向電流と順方向電圧とを測定し、その電流／電圧特性の温度依存性から I G B T の温度を推定する技術が開示されている。

【 0 0 0 3 】

また、温度センサが取り付けられている場合にも、温度センサの異常を検出するために、その部分の温度を他の手段で推定する場合がある。例えば、特開平 1 0 - 6 2 2 6 6 号公報には、モータのコイル温度測定用のサーミスタの異常を検出するために、コイル温度を別の手段で推定する技術が開示されている。この技術では、コイルのインダクタンスと電流値とからコイルの抵抗値を求め、その抵抗値の温度依存性からコイル温度を推定している。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、従来の温度推定技術では、温度の被推定部分に関する特定の物理的特性を測定し、その物理的特性の温度依存性に基づいて温度を推定していた。このような物理的特性としては、温度依存性が明瞭に現れるようなものが利用される。

【 0 0 0 5 】

しかし、被推定部分の種類によっては、温度依存性が明瞭に現れるような物理的特性を測定できない場合もある。また、このような物理的特性を測定できるとしても、センサの数を低減するために、物理的特性の測定を行いたくない場合もある。このような種々の事情から、温度の被推定部分に関する物理的特性の温度依存性を直接利用する方法以外の手段で温度を推定することのできる技術が望まれていた。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述した従来の課題を解決するためになされたものであり、温度の被推定部分に関する物理的特性の温度依存性を直接利用する方法以外の手段で温度を推定することのできる技術を提供することを目的とする

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上記目的を達成するために、本発明の温度推定方法では、（a）比較的緩慢な温度変化を示す第1の対象物を特定する工程と、（b）通電に起因した自らの発熱の有無に応じて比較的急速な温度変化を示し、前記第1の対象物の近傍にあって前記第1の対象物との間で熱交換を行い、前記発熱が無いときには前記第1の対象物とほぼ等しい温度に収束する第2の対象物を特定する工程と、（c）前記第1と第2の対象物の一方の温度を決定する工程と、（d）前記第1と第2の対象物の他方の温度を、前記工程（c）で決定された温度と、前記通電の量を実質的に表す値とに基づいて推定する工程と、を備える。なお、工程（c）における一方の対象物の温度の決定は、温度センサを用いて行われてもよく、あるいは、他の推定方法によって行われてもよい。

【 0 0 0 8 】

上記の構成によれば、第 1 と第 2 の対象物の他方の温度を、何らかの手段で決定された一方の温度と、第 2 の対象物の発熱を引き起こす通電の量を実質的に表す値とに基づいて推定するので、これらの対象物に関する物理的特性の温度依存性を直接利用する方法以外の手段で温度を推定することが可能である。

【 0 0 0 9 】

なお、前記第 1 の対象物の温度を T_1 、前記第 2 の対象物の温度を T_2 、前記通電量を実質的に表す値に関連付けられた前記第 2 の対象物の温度上昇量を ΔT とするとき、前記温度上昇量 ΔT と前記通電量を実質的に表す値との関係が予め設定されており、

前記工程 (d) における推定が、次式、

$$T_2 = T_1 + \Delta T$$

に従って実行されるようにしてもよい。

【 0 0 1 0 】

こうすれば、通電量を実質的に表す値から温度上昇量 ΔT を決定し、これを用いて第 1 または第 2 の対象物の温度を容易に推定することが可能である。

【 0 0 1 1 】

第 1 と第 2 の対象物の組み合わせとしては、種々のものが考えられる。

【 0 0 1 2 】

例えば、前記第 2 の対象物はパワー半導体素子であり、前記第 1 の対象物は前記パワー半導体素子を冷却するための冷却材であるとしてもよい。このとき、前記工程 (d) は、予め設定された前記温度上昇量 ΔT と前記パワー半導体素子の通電量を実質的に表す値との関係から、前記パワー半導体素子の通電量を実質的に表す値に応じて前記温度上昇量 ΔT を決定する工程を含む。

【 0 0 1 3 】

パワー半導体素子は、熱容量がかなり小さく、急速に温度変化するのが普通である。従って、パワー半導体素子の通電量を実質的に表す値と、冷却材温度とから、パワー半導体素子と冷却材の一方の温度を容易に推定することが可能である。

【 0 0 1 4 】

あるいは、前記第 1 の対象物は電動機のステータ鉄心であり、前記第 2 の対象物は前記電動機のステータコイルであるとしてもよい。このとき、前記工程（d）は、は、予め設定された前記温度上昇量 ΔT と前記電動機の通電量を実質的に表す値との関係から、前記電動機の通電量を実質的に表す値に応じて前記温度上昇量 ΔT を決定する工程を含む。

【 0 0 1 5 】

この構成では、ステータ鉄心とステータコイルの一方の温度と、電動機の通電量を実質的に表す値とから、他方の温度を推定することが可能である。

【 0 0 1 6 】

上記構成において、前記工程（c）は、前記電動機のステータを冷却するための冷却材の温度と、前記電動機の通電量を実質的に表す値とに基づいて前記ステータ鉄心の温度を決定する工程を含むようにしてもよい。

【 0 0 1 7 】

この構成では、冷却材の温度からステータ鉄心の温度を決定でき、これからさらにステータコイルの温度も推定することができる。

【 0 0 1 8 】

他の構成では、前記第 2 の対象物は電動機のステータ鉄心であり、前記第 1 の対象物は前記電動機のステータを冷却するための冷却材であるとしてもよい。このとき、前記工程（d）は、前記冷却材の温度と、前記電動機の通電量を実質的に表す値とに基づいて前記ステータ鉄心の温度を決定する工程を含む。

【 0 0 1 9 】

この構成では、ステータ鉄心と冷却材の一方の温度と、電動機の通電量を実質的に表す値とから、他方の温度を推定することが可能である。

【 0 0 2 0 】

あるいは、前記第 2 の対象物はパワー半導体素子であり、前記第 1 の対象物はパワー半導体素子を冷却するための冷却材であるとしてもよい。このとき、前記工程（c）は、前記パワー半導体素子に設けられた温度センサによって前記パワー半導体素子の温度を測定する工程を含み、前記工程（d）は、前記冷却材の温

度を、前記パワー半導体素子の通電が無い状態における前記パワー半導体素子の温度変化から決定する工程を含むものとしてもよい。

【0021】

パワー半導体素子に通電が無い状態では、パワー半導体素子の温度は冷却材の温度にほぼ等しい温度に急速に収束する。従って、通電が無い状態のパワー半導体素子の温度変化から、冷却材の温度を決定することが可能である。

【0022】

なお、本発明は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、温度の推定方法および装置、その装置を備える車両、その方法または装置の機能を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した記録媒体、そのコンピュータプログラムを含み搬送波内に具現化されたデータ信号、等の態様で実現することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態を実施例に基づいて以下の順序で説明する。

- A. ハイブリッド車両の全体構成：
- B. ハイブリッド車両の基本動作：
- C. パワートランジスタの温度推定：
- D. 第1のモータMG1の温度推定：
- E. 第2のモータMG2の温度推定：
- F. 冷却水の温度推定（その1）：
- G. 冷却水の温度推定（その2）：
- I. 変形例

【0024】

- A. ハイブリッド車両の全体構成：

図1は、本発明の一実施例としてのハイブリッド車両の全体構成を示す説明図である。このハイブリッド車両は、エンジン150と、2つのモータ／ジェネレータMG1、MG2と、の3つの原動機を備えている。ここで、「モータ／ジェネレータ」とは、モータとしても機能し、また、ジェネレータとしても機能する

原動機を意味している。なお、以下では簡単のため、これらを単に「モータ」と呼ぶ。車両の制御は、制御システム 2 0 0 によって行われる。

【 0 0 2 5 】

制御システム 2 0 0 は、メイン ECU 2 1 0 と、ブレーキ ECU 2 2 0 と、バッテリー ECU 2 3 0 と、エンジン ECU 2 4 0 とを有している。各 ECU は、マイクロコンピュータや、入カインタフェース、出カインタフェースなどの複数の回路要素が 1 つの回路基板上に配置された 1 ユニットとして構成されたものである。メイン ECU 2 1 0 は、モータ制御部 2 6 0 とマスタ制御部 2 7 0 とを有している。マスタ制御部 2 7 0 は、3 つの原動機 1 5 0, MG 1, MG 2 の出力の配分などの制御量を決定する機能を有している。

【 0 0 2 6 】

エンジン 1 5 0 は、通常のガソリンエンジンであり、クランクシャフト 1 5 6 を回転させる。エンジン 1 5 0 の運転はエンジン ECU 2 4 0 により制御されている。エンジン ECU 2 4 0 は、マスタ制御部 2 7 0 からの指令に従って、エンジン 1 5 0 の燃料噴射量その他の制御を実行する。

【 0 0 2 7 】

モータ MG 1, MG 2 は、同期電動機として構成されており、外周面に複数個の永久磁石を有するロータ 1 3 2, 1 4 2 と、回転磁界を形成する三相コイル 1 3 1, 1 4 1 が巻回されたステータ 1 3 3, 1 4 3 とを備える。ステータ 1 3 3, 1 4 3 はケース 1 1 9 に固定されている。モータ MG 1, MG 2 のステータ 1 3 3, 1 4 3 に巻回された三相コイル 1 3 1, 1 4 1 は、それぞれ駆動回路 1 9 1, 1 9 2 を介して 2 次バッテリー 1 9 4 に接続されている。駆動回路 1 9 1, 1 9 2 は、各相ごとにスイッチング素子としてのトランジスタを 1 対ずつ備えたトランジスタインバータである。駆動回路 1 9 1, 1 9 2 はモータ制御部 2 6 0 によって制御される。モータ制御部 2 6 0 からの制御信号によって駆動回路 1 9 1, 1 9 2 のトランジスタがスイッチングされると、バッテリー 1 9 4 とモータ MG 1, MG 2 との間に電流が流れる。モータ MG 1, MG 2 はバッテリー 1 9 4 からの電力の供給を受けて回転駆動する電動機として動作することもできるし（以下、この動作状態を力行と呼ぶ）、ロータ 1 3 2, 1 4 2 が外力により回転してい

る場合には三相コイル 1 3 1, 1 4 1 の両端に起電力を生じさせる発電機として機能してバッテリー 1 9 4 を充電することもできる（以下、この動作状態を回生と呼ぶ）。

【 0 0 2 8 】

エンジン 1 5 0 とモータ MG 1, MG 2 の回転軸は、プラネタリギヤ 1 2 0 を介して機械的に結合されている。プラネタリギヤ 1 2 0 は、サンギヤ 1 2 1 と、リングギヤ 1 2 2 と、プラネタリピニオンギヤ 1 2 3 を有するプラネタリキャリア 1 2 4 と、から構成されている。本実施例のハイブリッド車両では、エンジン 1 5 0 のクランクシャフト 1 5 6 はダンパ 1 3 0 を介してプラネタリキャリア軸 1 2 7 に結合されている。ダンパ 1 3 0 はクランクシャフト 1 5 6 に生じる捻り振動を吸収するために設けられている。モータ MG 1 のロータ 1 3 2 は、サンギヤ軸 1 2 5 に結合されている。モータ MG 2 のロータ 1 4 2 は、リングギヤ軸 1 2 6 に結合されている。リングギヤ 1 2 2 の回転は、チェーンベルト 1 2 9 とデファレンシャルギア 1 1 4 とを介して車軸 1 1 2 および車輪 1 1 6 R, 1 1 6 L に伝達される。

【 0 0 2 9 】

制御システム 2 0 0 は、車両全体の制御を実現するために種々のセンサを用いており、例えば、運転者によるアクセルの踏み込み量を検出するためのアクセルセンサ 1 6 5、シフトレバーの位置を検出するシフトポジションセンサ 1 6 7、ブレーキの踏み込み圧力を検出するためのブレーキセンサ 1 6 3、バッテリー 1 9 4 の充電状態を検出するためのバッテリーセンサ 1 9 6、およびモータ MG 2 の回転数を測定ための回転数センサ 1 4 4 などを利用している。リングギヤ軸 1 2 6 と車軸 1 1 2 はチェーンベルト 1 2 9 によって機械的に結合されているため、リングギヤ軸 1 2 6 と車軸 1 1 2 の回転数の比は一定である。従って、リングギヤ軸 1 2 6 に設けられた回転数センサ 1 4 4 によって、モータ MG 2 の回転数のみでなく、車軸 1 1 2 の回転数も検出することができる。

【 0 0 3 0 】

図 2 は、駆動回路 1 9 1, 1 9 2 の内部構成を示す説明図である。駆動回路 1 9 1, 1 9 2 は、それぞれ 6 個のパワートランジスタ Tr 1 ~ Tr 6, Tr 1 1

～Tr 1 6で構成された三相のトランジスタインバータである。トランジスタTr 1～Tr 6, Tr 1 1～Tr 1 6としては、例えばIGBTなどの種々のパワー半導体素子を利用することができる。第1の駆動回路1 9 1内の6個のトランジスタTr 1～Tr 6は、電源ラインL 1, L 2の間に直列接続されたトランジスタ対が3組配列に接続された構成を有している。各一对のトランジスタの中間の節点には、第1のモータMG 1の三相コイルがそれぞれ接続されている。モータ制御部2 6 0（図1）は、トランジスタTr 1～Tr 6のオン時間の割合をPWM制御することによって、三相コイル1 3 4の各コイルに流れる電流を擬似的な正弦波に形成する。第2の駆動回路1 9 2も、第1の駆動回路1 9 1と同様に構成されている。

【0 0 3 1】

なお、第1の駆動回路1 9 1の三相出力配線のうちのU相とV相の配線には、電流I u 1, I v 1を検出するための2つの電流センサ1 9 7 u, 1 9 7 vが設けられている。同様に、第2の駆動回路1 9 2のU相とV相の出力配線にも、電流I u 2, I v 2を検出するための2つの電流センサ1 9 8 u, 1 9 8 vが設けられている。これらの電流の測定値は、モータ制御部2 6 0（図1）に入力される。なお、三相の電流値の和はゼロなので、W相の電流はU相とV相の電流から決定される。

【0 0 3 2】

B. ハイブリッド車両の基本的動作：

ハイブリッド車両の基本的な動作を説明するために、以下ではまず、プラネタリギヤ1 2 0の動作について説明する。プラネタリギヤ1 2 0は、上述した3つの回転軸のうちの2つの回転軸の回転数が決定されると残りの回転軸の回転数が決まるという性質を有している。各回転軸の回転数の関係は次式（1）の通りである。

【0 0 3 3】

$$N_c = N_s \times \rho / (1 + \rho) + N_r \times 1 / (1 + \rho) \quad \dots (1)$$

【0 0 3 4】

ここで、N cはプラネタリキャリア軸1 2 7の回転数、N sはサンギヤ軸1 2

5 の回転数、 N_r はリングギヤ軸 1 2 6 の回転数である。また、 ρ は次式で表される通り、サンギヤ 1 2 1 とリングギヤ 1 2 2 のギヤ比である。

【0 0 3 5】

$$\rho = [\text{サンギヤ 1 2 1 の歯数}] / [\text{リングギヤ 1 2 2 の歯数}]$$

【0 0 3 6】

また、3 つの回転軸のトルクは、回転数に関わらず、次式 (2) , (3) で与えられる一定の関係を有する。

【0 0 3 7】

$$T_s = T_c \times \rho / (1 + \rho) \quad \dots (2)$$

$$T_r = T_c \times 1 / (1 + \rho) = T_s / \rho \quad \dots (3)$$

【0 0 3 8】

ここで、 T_c はプラネタリキャリア軸 1 2 7 のトルク、 T_s はサンギヤ軸 1 2 5 のトルク、 T_r はリングギヤ軸 1 2 6 のトルクである。

【0 0 3 9】

本実施例のハイブリッド車両は、このようなプラネタリギヤ 1 2 0 の機能により、種々の状態で走行することができる。例えば、ハイブリッド車両が走行を始めた比較的低速な状態では、エンジン 1 5 0 を停止したまま、モータ MG 2 を力行することにより車軸 1 1 2 に動力を伝達して走行する。同様にエンジン 1 5 0 をアイドル運転したまま走行することもある。

【0 0 4 0】

走行開始後にハイブリッド車両が所定の速度に達すると、制御システム 2 0 0 はモータ MG 1 を力行して出力されるトルクによってエンジン 1 5 0 をモータリングして始動する。このとき、モータ MG 1 の反力トルクがプラネタリギヤ 1 2 0 を介してリングギヤ 1 2 2 にも出力される。

【0 0 4 1】

エンジン 1 5 0 を運転してプラネタリキャリア軸 1 2 7 を回転させると、上式 (1) ~ (3) を満足する条件下で、サンギヤ軸 1 2 5 およびリングギヤ軸 1 2 6 が回転する。リングギヤ軸 1 2 6 の回転による動力はそのまま車輪 1 1 6 R, 1 1 6 L に伝達される。サンギヤ軸 1 2 5 の回転による動力は第 1 のモータ MG

1で電力として回生することができる。一方、第2のモータMG2を力行すれば、リングギヤ軸126を介して車輪116R、116Lに動力を出力することができる。

【0042】

定常運転時には、エンジン150の出力が、車軸112の要求動力（すなわち車軸112の回転数×トルク）とほぼ等しい値に設定される。このとき、エンジン150の出力の一部はリングギヤ軸126を介して直接車軸112に伝えられ、残りの出力は第1のモータMG1によって電力として回生される。回生された電力は、第2のモータMG2がリングギヤ軸126を回転させるトルクを発生するために使用される。この結果、車軸112を所望の回転数で所望のトルクで駆動することが可能である。

【0043】

車軸112に伝達されるトルクが不足する場合には、第2のモータMG2によってトルクをアシストする。このアシストのための電力には、第1のモータMG1で回生した電力およびバッテリー149に蓄えられた電力が用いられる。このように、制御システム200は、車軸112から出力すべき要求動力に応じて2つのモータMG1、MG2の運転を制御する。

【0044】

本実施例のハイブリッド車両は、エンジン150を運転したまま後進することも可能である。エンジン150を運転すると、プラネタリキャリア軸127は前進時と同方向に回転する。このとき、第1のモータMG1を制御してプラネタリキャリア軸127の回転数よりも高い回転数でサンギヤ軸125を回転させると、上式(1)から明らかな通り、リングギヤ軸126は後進方向に反転する。制御システム200は、第2のモータMG2を後進方向に回転させつつ、その出力トルクを制御して、ハイブリッド車両を後進させることができる。

【0045】

プラネタリギヤ120は、リングギヤ122が停止した状態で、プラネタリキャリア124およびサンギヤ121を回転させることが可能である。従って、車両が停止した状態でもエンジン150を運転することができる。例えば、バッテ

リ 194 の残容量が少なくなれば、エンジン 150 を運転し、第 1 のモータ MG 1 を回生運転することにより、バッテリー 194 を充電することができる。車両が停止しているときに第 1 のモータ MG 1 を力行すれば、そのトルクによってエンジン 150 をモータリングし、始動することができる。

【0046】

C. パワートランジスタの温度推定：

図 3 は、駆動回路 191, 192 のパワートランジスタを冷却するための冷却システムの構成を示す説明図である。駆動回路 191, 192 を構成する 12 個のトランジスタ 300 (図 2 の Tr 1 ~ Tr 6, Tr 11 ~ Tr 16) は、基板 302 上に半田付けされている。但し、図 3 では図示の便宜上、1 個のトランジスタのみを描いている。基板 302 は充填剤 304 を介してアルミニウム製の冷却プレート 306 上に固定されている。この充填剤 304 は、基板 302 と冷却プレート 306 の間の熱伝導性を高めるためのものである。トランジスタ 300 の上部の空間は、アルミニウム製の蓋 308 で覆われている。また、トランジスタ 300 の下の冷却プレート 306 の内部には、冷却通路 310 が形成されている。

【0047】

トランジスタ 300 を冷却するための冷却水 CLW は、冷却プレート 306 内の冷却通路 310 を通過した後に、ポンプ 402 で昇圧され、ラジエータ 404 で冷却された後に、循環経路 406 を介して再び冷却通路 310 に戻る。冷却プレート 306 の手前の流路には、冷却水 CLW の温度を測定するための温度センサ 408 が設けられている。なお、ラジエータ 404 は、エンジン用のラジエータとは別個に設けられたものである。

【0048】

基板 302 と充填剤 304 と冷却プレート 306 は、いずれも熱伝導率の良い材料で形成されている。従って、トランジスタ 300 で発生した熱は、これらを介して冷却水 CLW に素早く伝達される。

【0049】

ところで、前述したように、第 1 のモータ MG 1 は主にジェネレータとして使

用され、一方、第2のモータMG2は主にモータとして使用される。従って、通常は第2のモータMG2の方が電流値が大きい。また、一般にトランジスタの発熱は電流値が大きいほど大きいので、第2のモータMG2用のトランジスタTr11～Tr16（図2）の方が、第1のモータMG1用のトランジスタTr1～Tr6よりも高温になる傾向にある。そこで、本実施例では、高温になる傾向にある6個のトランジスタTr11～Tr16のうちの中央に配置されているV相のトランジスタTr13、Tr14を温度推定の対象としている。

【0050】

図4は、トランジスタ温度と冷却水温度の変化の一例を示すグラフである。トランジスタ300が動作していないときには、トランジスタ300からの発熱が無いので、トランジスタ温度Ttrと水温Twは一定でほぼ同じ温度に保たれている。また、ラジエータ404を冷却する走行風の温度Tairは、これらよりもやや低い一定値に保たれている。

【0051】

時刻t1において、トランジスタ300が短時間だけスイッチングされると、発熱によってトランジスタ温度Ttrはやや上昇する。しかし、トランジスタ300の熱容量は冷却プレート306等の熱容量に比べてかなり小さく、また、その熱は冷却水CLWに素早く伝達されるので、トランジスタ温度Ttrはすぐに冷却水温度Twとほぼ同じ値に収束する。

【0052】

時刻t2から時刻t3までは、トランジスタ300が一定の出力で連続的にスイッチングされている。この場合には、発熱量が多いのでトランジスタ温度Ttrは次第に上昇し、また、冷却水温Twもこれに従って上昇してゆく。そして、時刻t3でトランジスタ300の動作が停止すると、トランジスタ温度Ttrは再び冷却水温Twとほぼ同じ温度に素早く（数秒～数十秒で）収束する。なお、走行風の温度Tairは一定であると仮定している。

【0053】

このように、トランジスタ温度Ttrは、トランジスタ300の動作中は冷却水温Twよりも高くなるが、動作が停止すると短時間で冷却水温Twとほぼ同じ温

度に収束するという性質を有している。また、トランジスタ 3 0 0 の動作中は、トランジスタ温度 T_{tr} と冷却水温 T_w との差分 $\Delta T_{tr/w}$ はほぼ一定に保たれる。

【0 0 5 4】

任意の時刻 i におけるトランジスタ温度 $T_{tr}(i)$ は、以下の (4) 式で書き表すことができる。

【0 0 5 5】

$$T_{tr}(i) = T_{tr}(i-1) + K_{11} \cdot PL_{tr}(i) - K_{12} [T_{tr}(i-1) - T_w(i-1)] \quad \dots (4)$$

【0 0 5 6】

ここで、 $PL_{tr}(i)$ は時刻 $(i-1)$ から時刻 i までの全トランジスタの発熱量 (パワーロス)、 K_{11} 、 K_{12} はそれぞれ所定の係数である。

【0 0 5 7】

(4) 式の右辺第 1 項は、時刻 $(i-1)$ におけるトランジスタ温度である。右辺第 2 項はトランジスタの発熱による温度上昇量を表しており、右辺第 3 項は冷却水 CLW への熱伝達による温度低下量を表している。なお、右辺第 2 項と第 3 項は、それぞれ単位時間当たりの温度変化量である。ここで、「単位時間」とは、時刻 $(i-1)$ から時刻 i までの時間を意味している。

【0 0 5 8】

厳密に言えば、上記 (4) 式には、トランジスタ 3 0 0 からの熱放射による温度低下や、基板 3 0 2 への熱伝導による温度低下などの他の成分も考慮すべきである。しかし、これらの他の成分の寄与は十分小さく、無視することができることが判明した。

【0 0 5 9】

ところで、上記 (4) 式の右辺第 2 項は、トランジスタが一定の出力で動作している間は一定値に保たれることが判明した。換言すれば、右辺第 2 項は、トランジスタの出力の関数として与えられる。また、図 4 の例から理解できるように、トランジスタ出力が一定の間は、トランジスタ温度 T_{tr} と冷却水温 T_w との差分 $\Delta T_{tr/w}$ はほぼ一定である。このことは、(4) 式の右辺第 3 項がほぼ一定値であることを意味している。従って、右辺第 3 項もトランジスタの出力の関数として与えられる。すなわち、右辺第 2 項と第 3 項は、いずれもトランジスタ出力

の関数であることが解る。このような事実を考慮すると、上記（４）式は、次の（５）式に書き換えることができる。

【0060】

$$T_{tr}(i) = T_{tr}(i-1) + \Delta T_{tr}(Ptr) \quad \dots (5)$$

【0061】

ここで、 $\Delta T_{tr}(Ptr)$ はトランジスタの出力が Ptr のときの単位時間当たりのトランジスタ温度の変化量である。トランジスタ温度の変化量 $\Delta T_{tr}(Ptr)$ は、図４の時刻 t_2 以降の期間においてトランジスタ温度 T_{tr} がほぼ直線的に増加していくときの温度上昇率に相当している。

【0062】

ところで、時刻 $(i-1)$ におけるトランジスタ温度 $T_{tr}(i-1)$ は、冷却水温 $T_w(i-1)$ とトランジスタ／冷却水温度差 $\Delta T_{tr/w}$ との和で表される。従って、上記（５）式は次の（６）式のように書き換えられる。

【0063】

$$T_{tr}(i) = T_w(i-1) + \Delta T_{tr/w}(Ptr) + \Delta T_{tr}(Ptr) \quad \dots (6)$$

【0064】

右辺第２項と第３項とをまとめると、次の（７）式が得られる。

【0065】

$$T_{tr}(i) = T_w(i-1) + \Delta T(Ptr) \quad \dots (7)$$

但し、

$$\Delta T(Ptr) = \Delta T_{tr/w}(Ptr) + \Delta T_{tr}(Ptr)$$

【0066】

すなわち、トランジスタの出力が Ptr であるときの時刻 i のトランジスタ温度 $T_{tr}(i)$ は、時刻 $(i-1)$ のときの冷却水温 $T_w(i-1)$ と、トランジスタの出力に応じた温度偏差 $\Delta T(Ptr)$ とを加算したものとして与えられる。

【0067】

なお、（６）式の右辺第３項はトランジスタ温度の上昇率であり、これは冷却水温の上昇率とほぼ等しいことが図４から理解できる。従って、（６）式の右辺第１項と第３項との和は時刻 i における水温 $T_w(i)$ にほぼ等しい。そこで、

上記（６）式は次の（８）式のように書き換えることも可能である。

【 0 0 6 8 】

$$T_{tr}(i) = T_w(i) + \Delta T' (Ptr) \quad \dots (8)$$

但し、

$$\Delta T' (Ptr) = \Delta T_{tr} / w(Ptr)$$

【 0 0 6 9 】

冷却水温 $T_w(i-1)$, $T_w(i)$ は、循環経路 4 0 6 に設けられた温度センサ 4 0 8（図 3）によって測定される。また、温度偏差 $\Delta T (Ptr)$, $\Delta T' (Ptr)$ は、例えばモータ MG 1 , MG 2 の電流値と三相交流周波数とに応じた温度偏差の値を示すマップから決定される。このマップは、予め実験的に作成される。但し、第 1 のモータ MG 1 は主にジェネレータとして使用されるので電流値が比較的小さく、従って、第 1 のモータ MG 1 用のトランジスタからの発熱は無視できる。このため、本実施例では、主としてモータとして使用される第 2 のモータ MG 2 の電流値と三相交流周波数とに基づいて、温度偏差 $\Delta T (Ptr)$, $\Delta T' (Ptr)$ が決定される。

【 0 0 7 0 】

図 5 は、温度偏差 $\Delta T (Ptr)$ のマップの一例を示している。ここでは、三相交流周波数の各値毎に、モータの電流値とトランジスタの温度偏差 ΔT との関係が示されている。

【 0 0 7 1 】

このように、トランジスタの温度 T_{tr} は、冷却水温 T_w の測定値と、トランジスタの出力 Ptr に依存する温度偏差 ΔT との和として容易に推定することが可能である。従って、トランジスタの電流値の温度依存性などのように、トランジスタの物理的特性の温度依存性を直接利用すること無しに、トランジスタ温度を推定することが可能である。

【 0 0 7 2 】

温度偏差 ΔT , $\Delta T'$ は、モータの電流値や三相交流周波数に限らず、トランジスタの通電量を実質的に表すような他の値に基づいて決定されてもよい。例えば、モータの電流値の代わりに、マスタ制御部 2 7 0 からモータ制御部 2 6 0 に

与えられるトルク指令値と、モータ制御部 2 6 0 から駆動回路 1 9 1, 1 9 2 に与えられる駆動信号のキャリア周波数 (PWM 制御における駆動信号パルスの周波数) とに基づいて、温度偏差 ΔT , $\Delta T'$ を決定してもよい。

【 0 0 7 3 】

なお、トランジスタの発熱量は、モータに供給される電流が正弦波であるか矩形波であるかにも依存する。従って、温度偏差 ΔT , $\Delta T'$ のマップは、これらの各電流波形毎に異なるものをそれぞれ準備するようにしてもよい。

【 0 0 7 4 】

D. 第 1 のモータ MG 1 の温度推定 :

図 6 は、第 1 のモータ MG 1 を冷却するための冷却システムの構成を示す説明図である。第 1 のモータ MG 1 は、ロータ 3 2 0 と、ステータコイル 3 2 2 と、ステータ鉄心 3 2 4 とを有しており、これらがモータケース 3 2 6 内に収納されている。モータケース 3 2 6 の周囲はジャケット 3 2 8 で囲まれており、これらの間に冷却水 CLW の通路が形成されている。

【 0 0 7 5 】

図 6 の冷却システムの構成は図 3 に示したトランジスタ用の冷却システムとほぼ同じである。なお、トランジスタ用の冷却システムとモータ用の冷却システムとを共通にすることも可能であるが、ここでは別個のものであるとして説明する。

【 0 0 7 6 】

第 1 のモータ MG 1 における発熱要因としては、銅損 (コイル 3 2 2 における損失) と、鉄損 (鉄心 3 2 4 における損失) とがある。第 1 のモータ MG 1 は、主にジェネレータとして使用されるものであり、電流密度が比較的小さいので銅損は無視できる程度である。従って、第 1 のモータ MG 1 における発熱要因としては鉄損のみを考慮すればよく、温度が最も高くなるのはステータ鉄心 3 2 4 である。

【 0 0 7 7 】

図 7 は、第 1 のモータ MG 1 の鉄心温度と冷却水温度の変化の一例を示すグラフである。モータ MG 1 が動作していないときには鉄心での発熱が無いので、鉄

心温度 T_{gf} と水温 T_w は一定ではほぼ同じ温度に保たれている。

【0078】

時刻 t_{11} から時刻 t_{12} までは、モータ $MG1$ が一定の出力で連続的に運転されている。このとき、鉄心温度 T_{gf} は次第に上昇し、また、冷却水温 T_w も上昇してゆく。そして、時刻 t_{12} でモータ $MG1$ への電力の供給が停止すると、鉄心温度 T_{gf} は冷却水温 T_w に緩やかに近づいてゆき、最終的には両者はほぼ同じ温度に収束する。

【0079】

このように、第1のモータ $MG1$ の鉄心温度 T_{tr} は、モータ $MG1$ に電力が供給されている間は冷却水温 T_w よりも高くなるが、電力の供給が停止すると緩やかに冷却水温 T_w とほぼ同じ温度に収束するという性質を有している。

【0080】

任意の時刻 i における鉄心温度 $T_{gf}(i)$ は、以下の(9)式で書き表すことができる。

【0081】

$$T_{gf}(i) = T_{gf}(i-1) + K21 \cdot PL_{gf}(i) - K22 [T_{gf}(i-1) - T_w(i-1)] \quad \dots (9)$$

【0082】

ここで、 $PL_{gf}(i)$ は時刻 $(i-1)$ から時刻 i までの鉄心の発熱量、 $K21$ 、 $K22$ はそれぞれ所定の係数である。(9)式の右辺第2項は、発熱による温度上昇量を表しており、右辺第3項は冷却による温度低下量を表している。

【0083】

図7と図4とを比較すれば理解できるように、鉄心温度 T_{gf} は変化は比較的緩やかであり、鉄心温度 T_{gf} と冷却水温 T_w との偏差 $\Delta T_{gf/w}$ も時間と共に緩やかに変化している。これは、鉄心324の熱容量がかなり大きいためである。

【0084】

第1のモータ $MG1$ の鉄心温度 T_{gf} は、(9)式をそのまま使用して決定される。(9)式の右辺の未知数は、水温 $T_w(i-1)$ と、鉄心の発熱量 PL_{gf} とである。水温 $T_w(i-1)$ は、循環経路406に設けられた温度センサ408によって測定される。また、発熱量 PL_{gf} は、モータ $MG1$ のトルクおよび回転数などのようなモ

ータの出力（すなわちモータの通電量）を実質的に表す値に応じて予め作成されたマップから決定される。このマップも、前述した図5に類似したものであり、ここではその例示は省略する。

【 0 0 8 5 】

なお、鉄心温度 T_{gf} の初期値は、モータMG1に電力が十分長い期間供給されていない状態において水温 T_w を測定し、この水温 T_w に所定の温度偏差 ΔT_{0w} を加算することによって決定される。この温度偏差 ΔT_{0w} は、水温 T_w のレベルに応じて予め実験的に求められる。また、通電停止時の水温 T_w と鉄心温度 T_{gf} とを記憶しておき、トルク零の放置時間から（9）式より温度偏差 ΔT_{0w} を推定することも可能である。

【 0 0 8 6 】

以上のように、第1のモータMG1の鉄心温度 T_{gf} は、冷却水温 T_w と、モータMG1の出力（あるいはモータの通電量）に依存する発熱量 $PL_{gf}(i)$ とに基づいて推定することが可能である。モータの物理的特性の温度依存性を直接利用すること無しに、鉄心温度を推定することが可能である。

【 0 0 8 7 】

E. 第2のモータMG2の温度推定：

図8は、第2のモータMG2を冷却方法を示す説明図である。第2のモータMG2は、ロータ340と、ステータコイル342と、ステータ鉄心344とを有しており、これらがモータケース346内に収納されている。モータケース326は、走行風によって冷却される。なお、鉄心344には温度センサ350が設けられている。また、モータMG2の手前には、外気温を測定するための温度センサ352が設けられている。

【 0 0 8 8 】

第2のモータMG2は、主にモータとして使用されるものであり、電流密度が比較的大きいので銅損も無視できない。そこで、第2のモータMG2における発熱要因としては銅損と鉄損の両方を考慮する。なお、温度が最も高くなるのはステータコイル342である。

【 0 0 8 9 】

図 9 は 第 2 のモータ MG 2 のコイル温度 T_{mc} と鉄心温度 T_{mf} の変化の一例を示すグラフである。モータ MG 2 が動作していないときには発熱が無いので、各温度 T_{mc} 、 T_{mf} は一定でほぼ同じ温度に保たれている。

【 0 0 9 0 】

時刻 t_{21} において、モータ MG 2 に短時間だけ電力が供給されると、発熱によってコイル温度 T_{mc} はやや上昇し、これに応じて鉄心温度 T_{mf} も若干上昇する。しかし、コイル 3 4 2 の熱容量は鉄心 3 4 4 の熱容量に比べてかなり小さく、また、両者の間の熱伝導率も高いので、コイル温度 T_{mc} は比較的早く鉄心温度 T_{mf} とほぼ同じ値に収束する。

【 0 0 9 1 】

時刻 t_{22} から時刻 t_{23} までは、モータ MG 2 が一定の出力で連続的に運転されている。このとき、コイル温度 T_{mc} と鉄心温度 T_{mf} は次第に上昇してゆく。そして、時刻 t_{23} でモータ MG 2 への電力の供給が停止すると、コイル温度 T_{mc} が鉄心温度 T_{mf} に比較的早く近づいてゆく。また、鉄心温度は外気温 T_{air} に緩やかに近づいてゆき、最終的には外気温 T_{air} とほぼ同じ温度に収束する。

【 0 0 9 2 】

このように、第 2 のモータ MG 2 のコイル温度 T_{mc} は比較的急速に変化し、鉄心温度 T_{mf} は比較的緩やかに変化する。また、モータ MG 1 に電力が供給されている間はコイル温度 T_{mc} は鉄心温度 T_{mf} よりも高くなるが、電力の供給が停止すると比較的速やかに鉄心温度 T_{mf} とほぼ同じ温度に収束するという性質を有している。

【 0 0 9 3 】

任意の時刻 i におけるコイル温度 $T_{mc}(i)$ は、以下の (10) 式で書き表すことができる。

【 0 0 9 4 】

$$T_{mc}(i) = T_{mc}(i-1) + K31 \cdot PL_m(i) - K32 [T_{mc}(i-1) - T_{mf}(i-1)] \quad \cdots (10)$$

【 0 0 9 5 】

ここで、 $PL_m(i)$ は時刻 $(i-1)$ から時刻 i までのモータ MG 2 の発熱量、 $K31$ 、 $K32$ はそれぞれ所定の係数である。なお、モータ MG 2 の発熱のうちでコ

イル 3 4 2 に発生する熱の割合は、モータの発熱量の項 $K_{31} \cdot PL_m(i)$ で考慮されている。すなわち、(10) 式の右辺第 2 項は、コイル 3 4 2 の発熱による温度上昇量を表している。また、右辺第 3 項はコイル 3 4 2 から鉄心 3 4 4 への熱伝導による温度低下量を表している。

【0096】

図 9 におけるコイル温度 T_{mc} と鉄心温度 T_{mf} との関係は、図 4 に示したトランジスタ温度 T_{tr} と冷却水温 T_w との関係に類似している。そこで、本実施例では、コイル温度 T_{mc} を与える式として、(10) 式の代わりに上記 (7) に類似した次の (11) 式を使用する。

【0097】

$$T_{mc}(i) = T_{mf}(i-1) + \Delta T(P_m) \quad \dots (11)$$

【0098】

ここで、 P_m はモータ MG 2 の出力である。すなわち、モータ MG 2 が出力 P_m で動作しているときの時刻 i のコイル温度 $T_{mc}(i)$ は、時刻 $(i-1)$ のときの鉄心温度 $T_{mf}(i-1)$ と、モータ MG 2 の出力に応じた温度偏差 $\Delta T(P_m)$ とを加算したものと与えられる。

【0099】

なお、(11) の代わりに、上記 (8) 式に類似した次の (12) 式を使用することも可能である。

【0100】

$$T_{mc}(i) = T_{mf}(i) + \Delta T'(P_m) \quad \dots (12)$$

【0101】

鉄心温度 $T_{mf}(i-1)$ 、 $T_{mf}(i)$ は、鉄心 3 4 4 に設けられた温度センサ 3 5 0 (図 8) によって測定される。また、温度偏差 $\Delta T(P_m)$ 、 $\Delta T'(P_m)$ は、モータ MG 2 のトルクおよび回転数などのようにモータの出力 (通電量) を実質的に表す値に応じた温度偏差を示すマップから決定される。このマップも、前述した図 5 に類似したものであり、ここではその例示は省略する。

【0102】

このように、鉄心温度 T_{mf} が測定可能な場合には、コイル温度 T_{mc} は、鉄心温

度 T_{mc} の測定値と、モータ MG 2 の出力 P_m に依存する温度偏差 ΔT との和として容易に推定することが可能である。従って、コイル抵抗値の温度依存性のよう
に、コイルの物理的特性の温度依存性を直接利用すること無しに、コイル温度を推定することが可能である。

【 0 1 0 3 】

ところで、上記 (1 1) 式または (1 2) 式の右辺第 1 項の鉄心温度 T_{mf} が測定できない場合には、外気温 T_{air} から鉄心温度 T_{mf} を推定することが可能である。このとき、任意の時刻 i における鉄心温度 $T_{mf}(i)$ は、以下の (1 3) 式で書き表すことができる。

【 0 1 0 4 】

$$T_{mf}(i) = T_{mf}(i-1) + K41 \cdot PL_m(i) - K42 [T_{mf}(i-1) - T_{air}(i-1)] \quad \dots (1 3)$$

【 0 1 0 5 】

ここで、 $K41$, $K42$ はそれぞれ所定の係数である。なお、コイル 3 4 2 から鉄心 3 4 4 に伝導される熱は、モータの発熱量の項 $K41 \cdot PL_m(i)$ で考慮されている。右辺第 3 項に含まれている外気温 $T_{air}(i-1)$ は、モータ MG 2 の上流側に設けられた温度センサ 3 5 2 (図 8) によって測定される。なお、走行風による冷却に関する風速の影響は無視できる程度なので、右辺第 3 項では風速による影響は無視している。

【 0 1 0 6 】

上記 (1 3) 式における鉄心温度 T_{mf} の初期値は、モータ MG 1 に電力が十分長い期間供給されていない状態において測定された外気温 T_{air} に、所定の温度偏差 ΔT_{0air} を加算することによって決定される。この温度偏差 ΔT_{0air} は、外気温 T_{air} のレベルに応じて予め実験的に求められる。

【 0 1 0 7 】

以上のように、第 2 のモータ MG 2 の鉄心温度 T_{mf} は、冷却材である外気の温度 T_{air} と、モータ MG 2 の出力 (あるいはモータの通電量) に依存する発熱量 $PL_m(i)$ とに基づいて推定することが可能である。モータの物理的特性の温度依存性を直接利用すること無しに、鉄心温度を推定することが可能である。

【 0 1 0 8 】

また、こうして推定された鉄心温度 T_{mf} を用いて、上記 (11) 式または (12) 式を用いてコイル温度 T_{mc} も推定することが可能である。

【0109】

F. 冷却水の温度推定 (その1) :

図10は、パワートランジスタを冷却するための冷却システムの他の構成を示す説明図である。図3に示した構成との違いは、冷却水用の温度センサ408の代わりに、トランジスタ300の温度 T_{tr} を測定するための温度センサ312が設けられている点だけである。このような構成では、トランジスタ温度 T_{tr} の測定値から、冷却水温 T_w を推定することが可能である。

【0110】

任意の時刻 i における冷却水温 $T_w(i)$ は、以下の (14) 式で書き表すことができる。

【0111】

$$T_w(i) = T_w(i-1) + K51 [T_{tr}(i-1) - T_w(i-1)] - K52 [T_w(i-1) - T_{air}(i-1)] \quad \dots (14)$$

【0112】

ここで、 $K51$ 、 $K52$ はそれぞれ所定の係数である。(14) 式の右辺第2項は、トランジスタからの熱伝達による温度上昇量を表しており、右辺第3項はラジエータ404での冷却による温度低下量を表している。

【0113】

この (14) 式を使用して冷却水温 T_w を推定するときには、通常は、温度センサを用いて外気温 T_{air} が測定される。但し、後述するように、他の方法で推定された外気温 T_{air} を利用して、(14) 式から冷却水温 T_w を推定することも可能である。

【0114】

なお、上述した (14) 式の代わりに、上述した (8) 式を変形した次の (15) 式を使用することも可能である。

【0115】

$$T_w(i) = T_{tr}(i) - \Delta T' (Ptr) \quad \dots (15)$$

【0116】

ここで、 $\Delta T' (P_{tr})$ は、トランジスタの出力 P_{tr} に依存した温度偏差である。すなわち、冷却水温 $T_w(i)$ は、トランジスタ温度 T_{tr} の測定値と、トランジスタの出力 P_{tr} に依存する温度偏差 ΔT との差として推定することが可能である。

【0117】

トランジスタの出力がゼロのときには、(15) 式の右辺第2項もゼロである。従って、トランジスタの運転状態と停止状態とが交互に繰り返されるときには、トランジスタ温度 T_{tr} と冷却水温 T_w は、例えば図11のような変化を示す。すなわち、トランジスタの出力がゼロの時のトランジスタ水温 T_{tr} は、冷却水温 T_w にほぼ等しい。

【0118】

このような現象を考慮すると、トランジスタの出力がゼロのときの冷却水温 T_w は、次の(16)式を用いて推定することができる。

$$T_w(i) = T_{tr}(i) - \delta \quad \dots (16)$$

【0119】

ここで、 $T_{tr}(i)$ はトランジスタ温度の測定値であり、 δ は所定の温度差である。この温度差 δ は実験的に決定されるものであるが、 $\delta = 0$ としてもよい。

【0120】

以上の種々の温度推定方法では、比較的緩慢な温度変化を示す第1の対象物（例えば冷却水またはステータ鉄心）と、比較的急速な温度変化を示す第2の対象物（例えばトランジスタまたはステータコイル）と、のうちの一方の温度から他方の温度を推定している。第2の対象物としては、通電に起因した自ら発熱し、発熱が無いときには第1の対象物とほぼ等しい温度に収束する性質を有するものが選ばれている。また、第1と第2の対象物は互いに近傍にあって、熱交換を行うものである。ここで、「第1と第2の対象物が互いに近傍にある」という関係は、両者が直接的に接している必要は無く、実質的な熱交換が行われる程度に近接した位置にあれば良い。

【0121】

G. 冷却水の温度推定（その2）：

図 1 2 は、パワートランジスタと第 1 のモータ MG 1 とを冷却するための共通の冷却システムの構成を示す説明図である。この冷却システムでは、図 1 0 に示したシステムとは、駆動回路 1 9 1, 1 9 2 とポンプ 4 0 2 の間に第 1 のモータ MG 1 の冷却通路が挿入されている点が異なるだけであり、他の構成は図 1 0 に示すシステムと同じである。このような構成においても、トランジスタ温度 T_{tr} の測定値から、冷却水温 T_w を推定することが可能である。

【 0 1 2 2 】

任意の時刻 i における冷却水温 $T_w(i)$ は、以下の (1 7) 式で書き表すことができる。

【 0 1 2 3 】

$$T_w(i) = T_w(i-1) + K61 \cdot PLg(i) + K62 \cdot PLm(i) - K63 [T_w(i-1) - T_{air}(i-1)] \quad \dots (17)$$

【 0 1 2 4 】

ここで、 $K61$, $K62$, $K63$ はそれぞれ所定の係数である。(1 7) 式の右辺第 2 項は、第 1 のモータ MG 1 の鉄損による温度上昇量と、その駆動用のトランジスタ 3 0 0 の発熱による温度上昇量との和を表している。右辺第 3 項は、第 2 のモータ MG 2 の駆動用のトランジスタ 3 0 0 の発熱による温度上昇量を表している。また、右辺第 4 項は冷却による温度低下量を表している。

【 0 1 2 5 】

(1 7) 式の右辺第 2 項は、第 1 のモータ MG 1 の通電量を実質的に表す値（電流値および三相交流周波数、あるいは、トルクおよびキャリア周波数）に応じて予め作成されたマップから決定される。また、右辺第 3 項も同様に、第 2 のモータ MG 2 の通電量を実質的に表す値に応じて予め作成されたマップから決定される。なお、これらのマップのパラメータは簡略化してもよい。例えば、トルクとキャリア周波数のうちで、キャリア周波数の影響は比較的少ないので、トルクのみをパラメータとしたマップを利用してもよい。

【 0 1 2 6 】

(1 7) 式の右辺第 4 項の外気温 T_{air} を温度センサで測定すれば、任意の時刻 i における水温 T_w を推定することが可能である。但し、本実施例では、外気

温 T_{air} 用の温度センサを用いずに、トランジスタ 3 0 0 に設けられた温度センサ 3 1 2 を用いて冷却水温 T_w と外気温 T_{air} の両方を以下のようにして推定している。

【 0 1 2 7 】

図 1 3 は、冷却水温と外気温の推定を行う手順を示すフローチャートである。この処理は、マスタ制御部 2 7 0 内の図示しない CPU が所定のプログラムを実行することによって実現される。

【 0 1 2 8 】

ステップ S 1 では、外気温 T_{air} に初期値が設定される。この初期値としては任意の温度（例えば 10°C ）が使用される。ステップ S 2 では、2 つのモータ MG 1, MG 2 のトルクが 0 のときのトランジスタ温度 T_{tr} を、温度センサ 3 1 2 を用いて測定する。

【 0 1 2 9 】

ステップ S 3 では、トルク 0 のときのトランジスタ温度 T_{tr} の包絡線から、水温 T_w を次のように推定する。2 つのモータのトルクが 0 のときには、前述した図 1 1 に示したように、トランジスタ温度 T_{tr} は水温 T_w にほぼ収束する。従って、このときの水温 T_w は、前述した (1 6) 式を用いて推定できる。

【 0 1 3 0 】

ステップ S 4 では、外気温 T_{air} の初期値を用いて、2 つのモータのトルクが 0 のときの冷却水温 T_w' の変化を推定する。2 つのモータのトルクが 0 のときの水温 T_w' の変化は、上記 (1 7) 式の右辺第 2 項と第 3 項とを 0 とした次の (1 8) 式で与えられる。

【 0 1 3 1 】

$$T_w'(i) = T_w'(i-1) - K63 [T_w'(i-1) - T_{air}(i-1)] \quad \dots (18)$$

【 0 1 3 2 】

この式からも理解できるように、冷却水 CLW は外気で冷却され、図 1 1 の右端に示したように徐々に低下する。実際の外気温 T_{air} がステップ S 1 で設定された初期値と一致していれば、(1 6) 式を用いて推定された水温 T_w と、(1 8) 式を用いて推定された水温 T_w' とが一致するはずである。そこで、ステップ

S5では、これらの2つの水温の推定値 T_w 、 T_w' が一致するように、外気温 T_{air} を修正する。

【0133】

ステップS6では、修正された外気温 T_{air} が正常と考えられる所定の範囲内に入っているか否かが調べられる。例えば、外気温 T_{air} の正常範囲としては、 $-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$ の範囲が設定される。一方、修正された外気温 T_{air} が正常範囲内に無い場合には、ステップS8において異常であることが運転者に警告される。なお、異常の原因としては、冷却系のポンプ402や、トランジスタ300の温度センサ312などのいくつかの原因が考えられる。

【0134】

一方、修正された外気温 T_{air} が正常範囲内にあれば、ステップS7に移行し、この修正された外気温 T_{air} を用い、(17)式に従って任意の時刻の水温 T_w を推定することができる。

【0135】

なお、この修正された外気温 T_{air} は、次のトリップ時における初期値としても使用することができる。ここで、「トリップ」とは、車両の1回の走行（キーオンからキーオフまで）を意味している。

【0136】

こうして外気温 T_{air} が推定されると、2つのモータMG1、MG2のトルクが0でない場合にも、上記(17)式を用いて水温 T_w を推定することができる。さらに、この水温 T_w から上記(7)式または(8)式を用いてトランジスタ温度 T_{tr} を逆推定することも可能である。こうして逆推定されたトランジスタ温度が温度センサ312で測定された温度と大幅に異なる場合には、温度センサ312に異常が発生している可能性がある。すなわち、推定された水温 T_w を使用して、温度センサ312に異常があるか否かを検出することが可能である。

【0137】

なお、ハイブリッド車両に外気温を測定するための温度センサが設けられている場合には、上記(17)式の外気温 T_{air} としてその温度センサの測定値を利用することが可能である。また、この外気温の測定値と、図13のステップS5

で得られた外気温の推定値とが一致するか否かによって、外気温センサまたは冷却システムに異常が発生しているか否かを検出することが可能である。

【 0 1 3 8 】

ここで説明した冷却水温の推定を一般化すれば、第 1 の対象物（冷却水温）の温度を、温度センサで測定された第 2 の対象物（トランジスタまたは外気温）の温度を利用して推定し、その後、第 1 の対象物の温度と第 2 の対象物における温度上昇成分および温度下降成分とに基づいて第 2 の対象物の温度を逆推定することが可能である。そして、第 2 の対象物の逆推定された温度と、温度センサで測定された温度との差を調べることによって、異常が発生しているか否かを検出することが可能である。なお、異常の発生の原因としては、第 2 の対象物の温度センサと、第 1 と第 2 の対象物の少なくとも一方に対する冷却システムと、の 2 つがある。従って、これらのうちの少なくとも一方に異常が発生していることが検出可能である。

【 0 1 3 9 】

なお、上記実施例で説明した種々の温度推定は、マスタ制御部 2 7 0 内の図示しない CPU が所定の温度推定用プログラムを実行することによって実現される。このコンピュータプログラムは、マスタ制御部 2 7 0 内の図示しない ROM 内に格納されている。従って、マスタ制御部 2 4 0 が、本発明における推定部に相当する。なお、本発明における温度決定部は、各種の温度センサで実現されている。但し、温度センサが設けられていない部分の温度を決定する場合には、マスタ制御部 2 7 0 が温度決定部としての機能も実現している。

【 0 1 4 0 】

H. 変形例：

なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【 0 1 4 1 】

H 1. 変形例 1：

上記各実施例では、プラネタリアギアを用いて、エンジンの動力を車軸と第 1

のモータMG1とに分配するいわゆる機械分配式のハイブリッド車両について説明したが、本発明は、プラネタリアギアを用いずにモータ／ジェネレータを用いて電氣的にエンジンの動力を分配するいわゆる電気分配式のハイブリッド車両にも適用可能である。電気分配式のハイブリッド車両については、例えば本出願人により開示された特開平9-46965号公報に開示されているので、ここではその説明は省略する。

【0142】

また、本発明は、ハイブリッド車両以外の他の車両にも適用可能である。さらに、車両以外の種々の機械や装置における温度の推定や異常の検出に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施例としてのハイブリッド車両の全体構成を示す説明図。

【図2】

駆動回路191, 192の内部構成を示す説明図。

【図3】

駆動回路191, 192のトランジスタを冷却するための冷却システムの構成を示す説明図。

【図4】

トランジスタ温度と冷却水温度の変化の一例を示すグラフ。

【図5】

トランジスタ温度を求める際の温度偏差 $\Delta T(P_{tr})$ のマップの一例を示すグラフ。

【図6】

第1のモータMG1を冷却するための冷却システムの構成を示す説明図。

【図7】

第1のモータMG1の鉄心温度と冷却水温度の変化の一例を示すグラフ。

【図8】

第2のモータMG2を冷却方法を示す説明図。

【図 9】

第 2 のモータ MG 2 のコイル温度と鉄心温度の変化の一例を示すグラフ。

【図 1 0】

パワートランジスタを冷却するための冷却システムの他の構成を示す説明図。

【図 1 1】

トランジスタの運転状態と停止状態とが交互に繰り返されるときにおけるトランジスタ温度 T_{tr} と冷却水温 T_w の変化を示すグラフ。

【図 1 2】

パワートランジスタと第 1 のモータ MG 1 とを冷却するための共通の冷却システムの構成を示す説明図。

【図 1 3】

冷却水温と外気温の推定を行う手順を示すフローチャート。

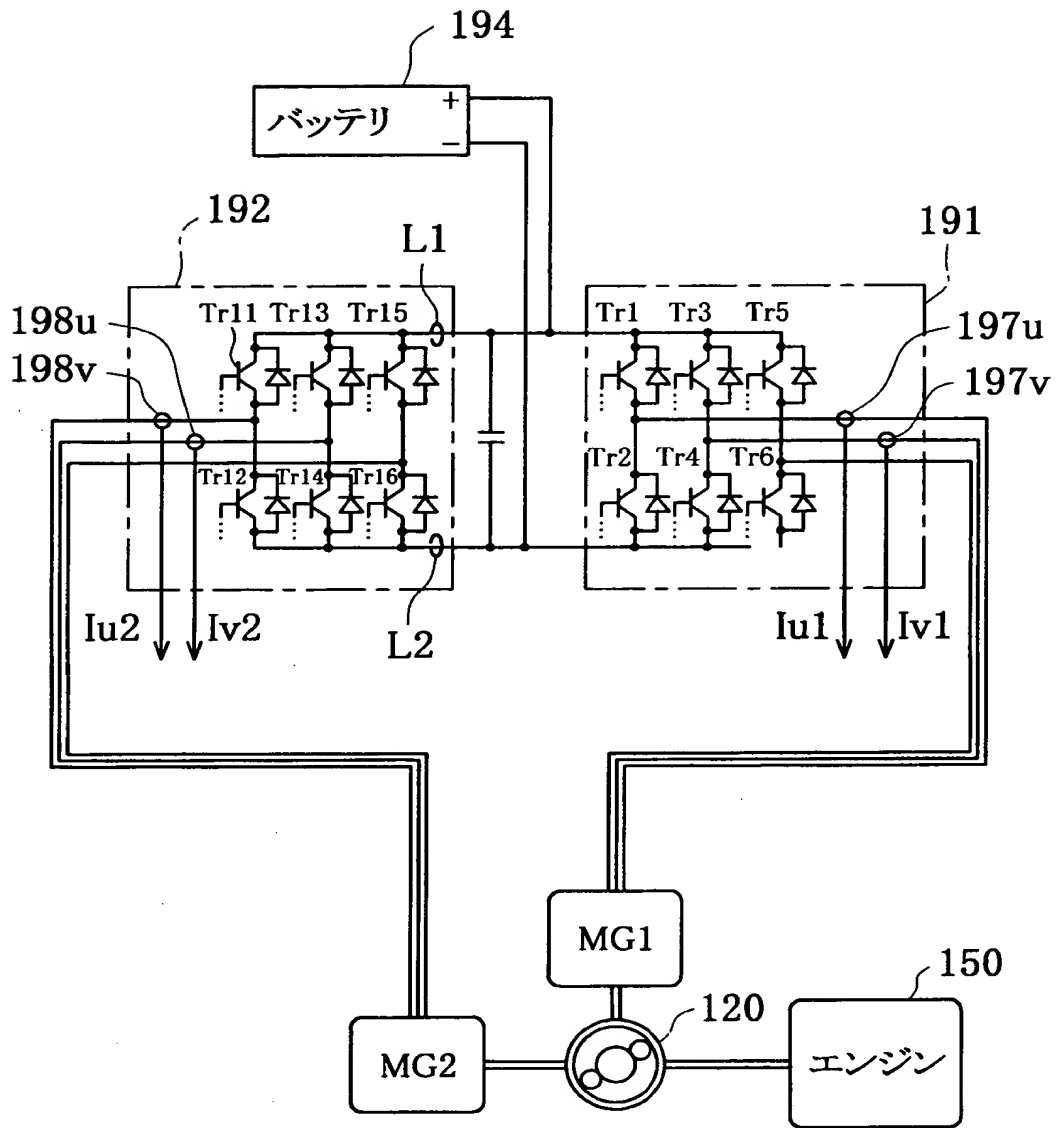
【符号の説明】

- 1 1 2 …車軸
- 1 1 4 …デファレンシャルギア
- 1 1 6 R, 1 1 6 L …車輪
- 1 1 9 …ケース
- 1 2 0 …プラネタリギヤ
- 1 2 1 …サンギヤ
- 1 2 2 …リングギヤ
- 1 2 3 …プラネタリピニオンギヤ
- 1 2 4 …プラネタリキャリア
- 1 2 5 …サンギヤ軸
- 1 2 6 …リングギヤ軸
- 1 2 7 …プラネタリキャリア軸
- 1 2 9 …チェーンベルト
- 1 3 0 …ダンパ
- 1 3 1 …三相コイル
- 1 3 2 …ロータ

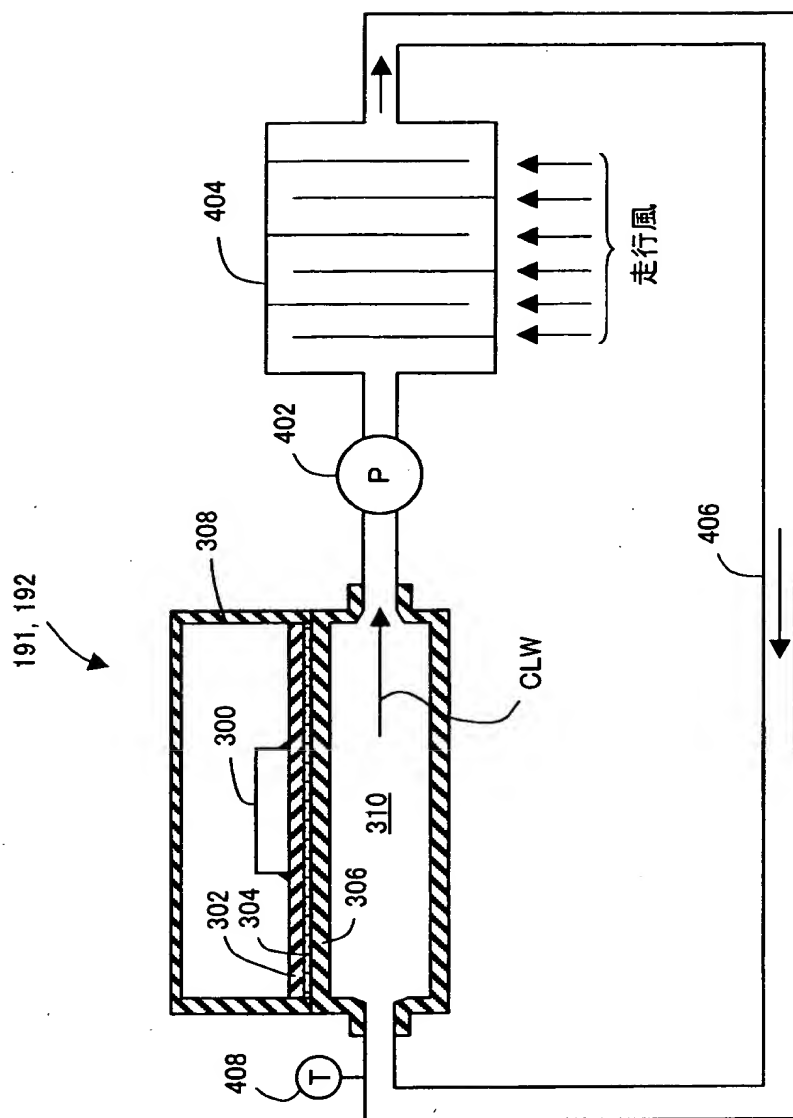
1 3 3 …ステータ
1 4 1 …三相コイル
1 4 2 …ロータ
1 4 3 …ステータ
1 4 4 …回転数センサ（回転角センサ）
1 4 9 …バッテリー
1 5 0 …エンジン
1 5 6 …クランクシャフト
1 6 3 …ブレーキセンサ
1 6 5 …アクセルセンサ
1 6 7 …シフトポジションセンサ
1 9 1, 1 9 2 …駆動回路
1 9 4 …バッテリー
1 9 6 …バッテリーセンサ
1 9 7 u, 1 9 7 v …電流センサ
1 9 8 u, 1 9 8 v …電流センサ
2 0 0 …制御システム
2 1 0 …メイン ECU
2 1 2 …双方向通信配線
2 1 4 …双方向通信配線
2 2 0 …ブレーキ ECU
2 3 0 …バッテリー ECU
2 4 0 …エンジン ECU
2 6 0 …モータ制御部
2 7 0 …マスタ制御部
3 0 0 …トランジスタ
3 0 2 …基板
3 0 4 …充填剤
3 0 6 …冷却プレート

3 0 8 … 蓋
3 1 0 … 冷却通路
3 1 2 … 温度センサ
3 2 0 … ロータ
3 2 2 … ステータコイル
3 2 4 … ステータ鉄心
3 2 6 … モータケース
3 2 8 … ジャケット
3 4 0 … ロータ
3 4 2 … ステータコイル
3 4 4 … ステータ鉄心
3 4 6 … モータケース
3 5 0 … 温度センサ
3 5 2 … 温度センサ
4 0 2 … ポンプ
4 0 4 … ラジエータ
4 0 6 … 循環経路
4 0 8 … 温度センサ

【図2】

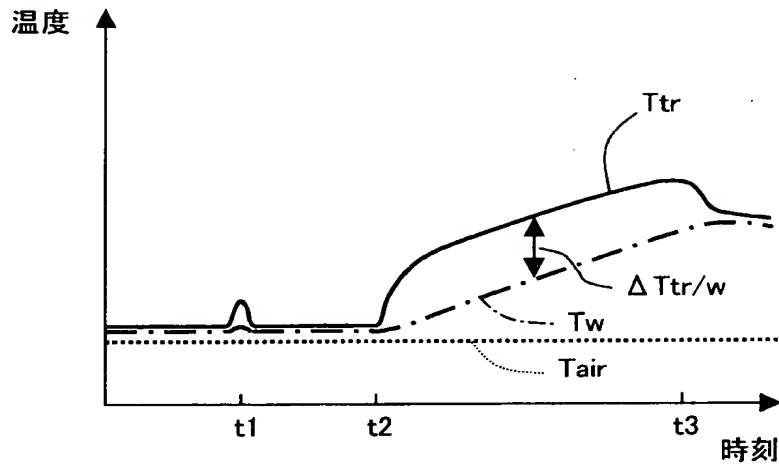


【図 3】



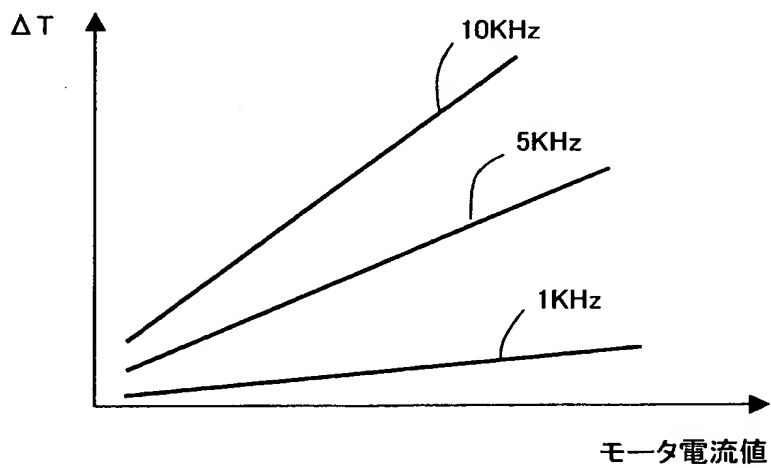
【図 4】

トランジスタ温度と冷却水温度の変化

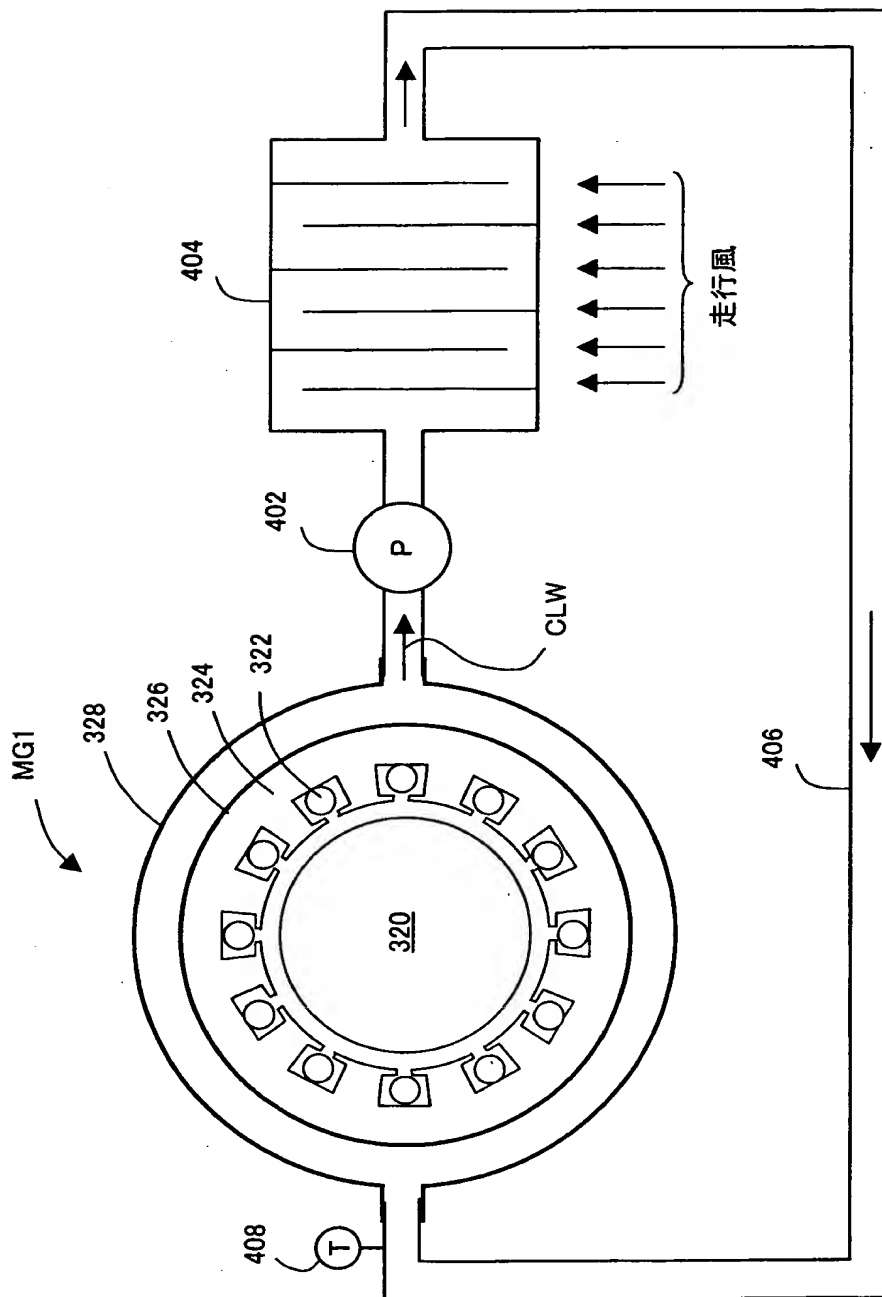


【図 5】

温度偏差 ΔT と電流値の関係

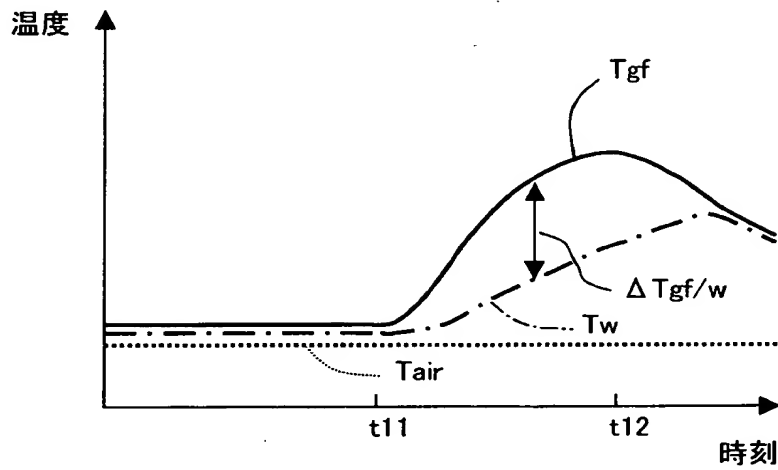


【図 6】

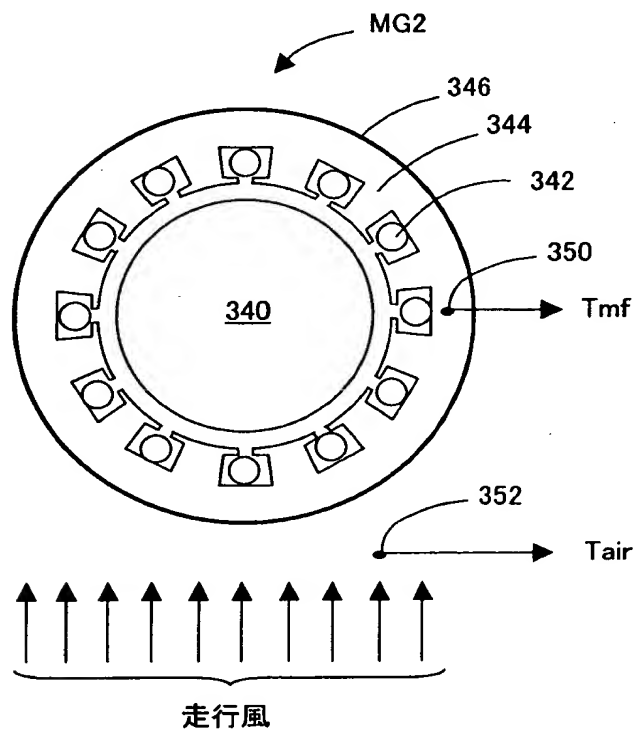


【図 7】

第1のモータMG1のステータ温度と冷却水温度の変化

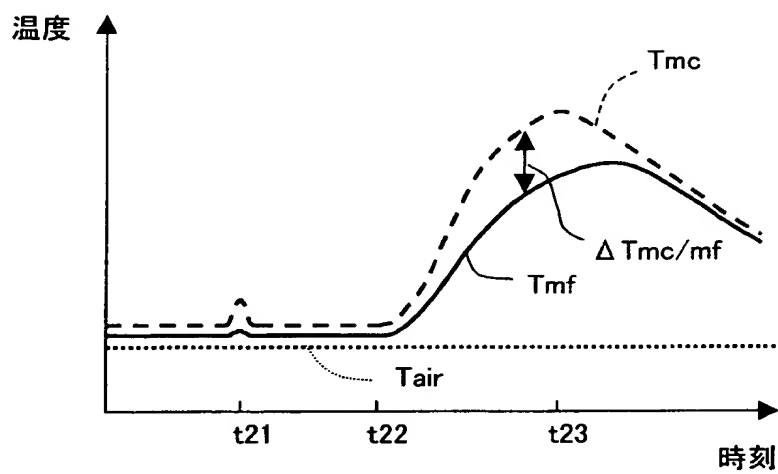


【図 8】

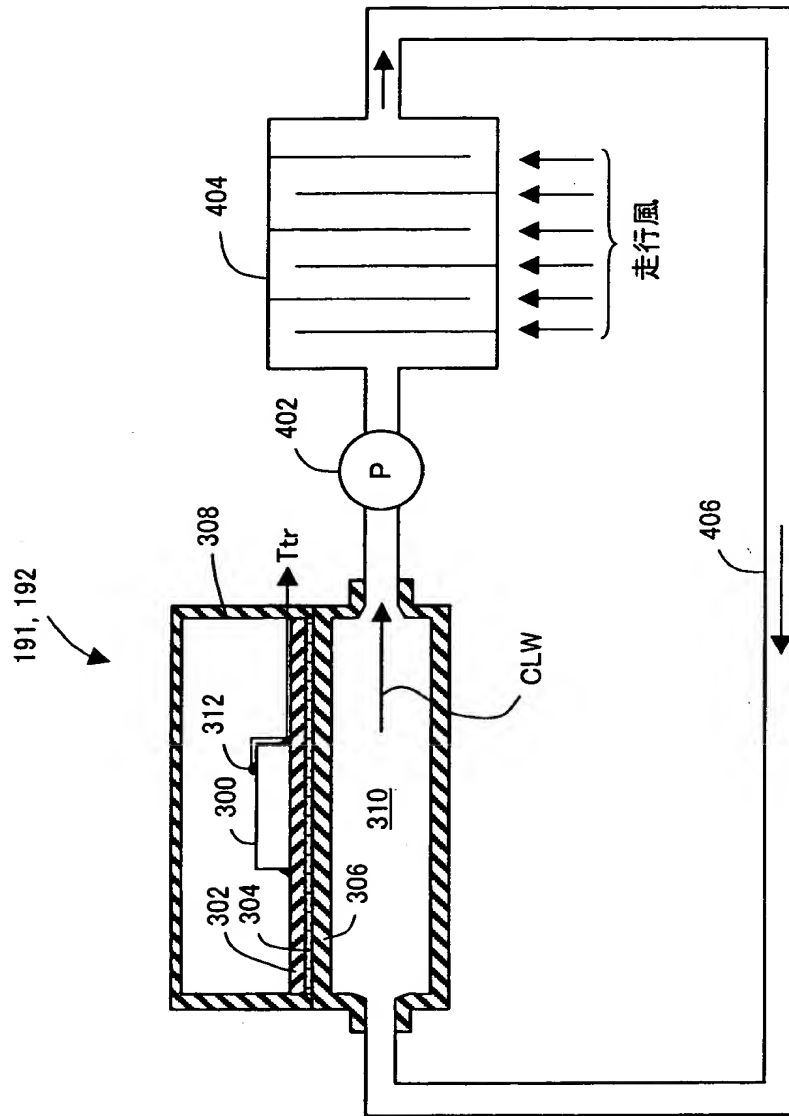


【図 9】

第2のモータMG2のコイル温度と鉄心温度の変化

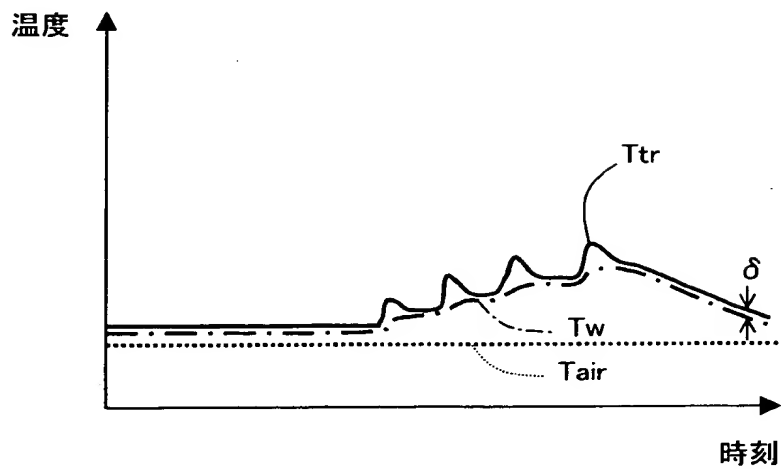


【図 1 0】

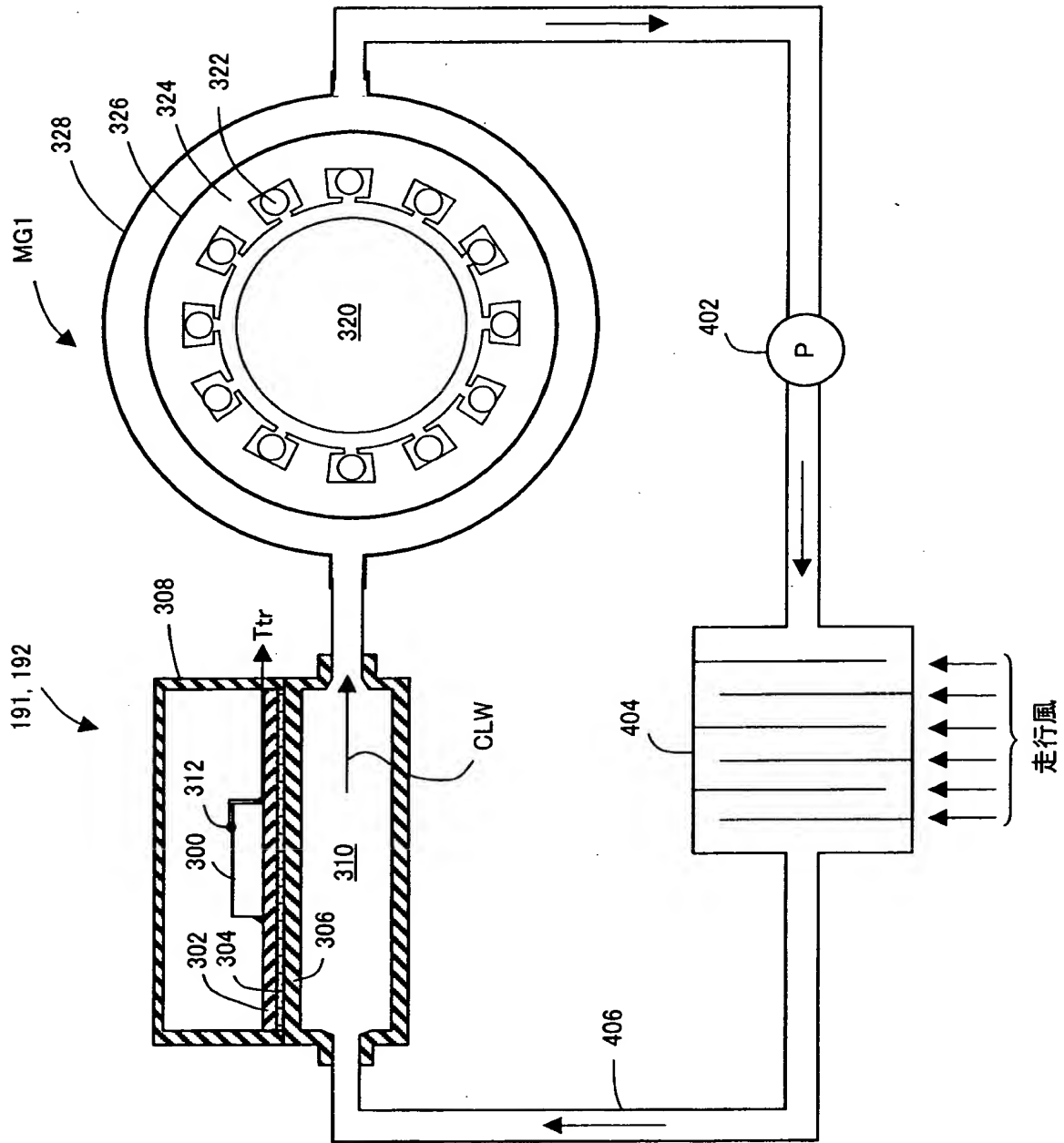


【図 1 1】

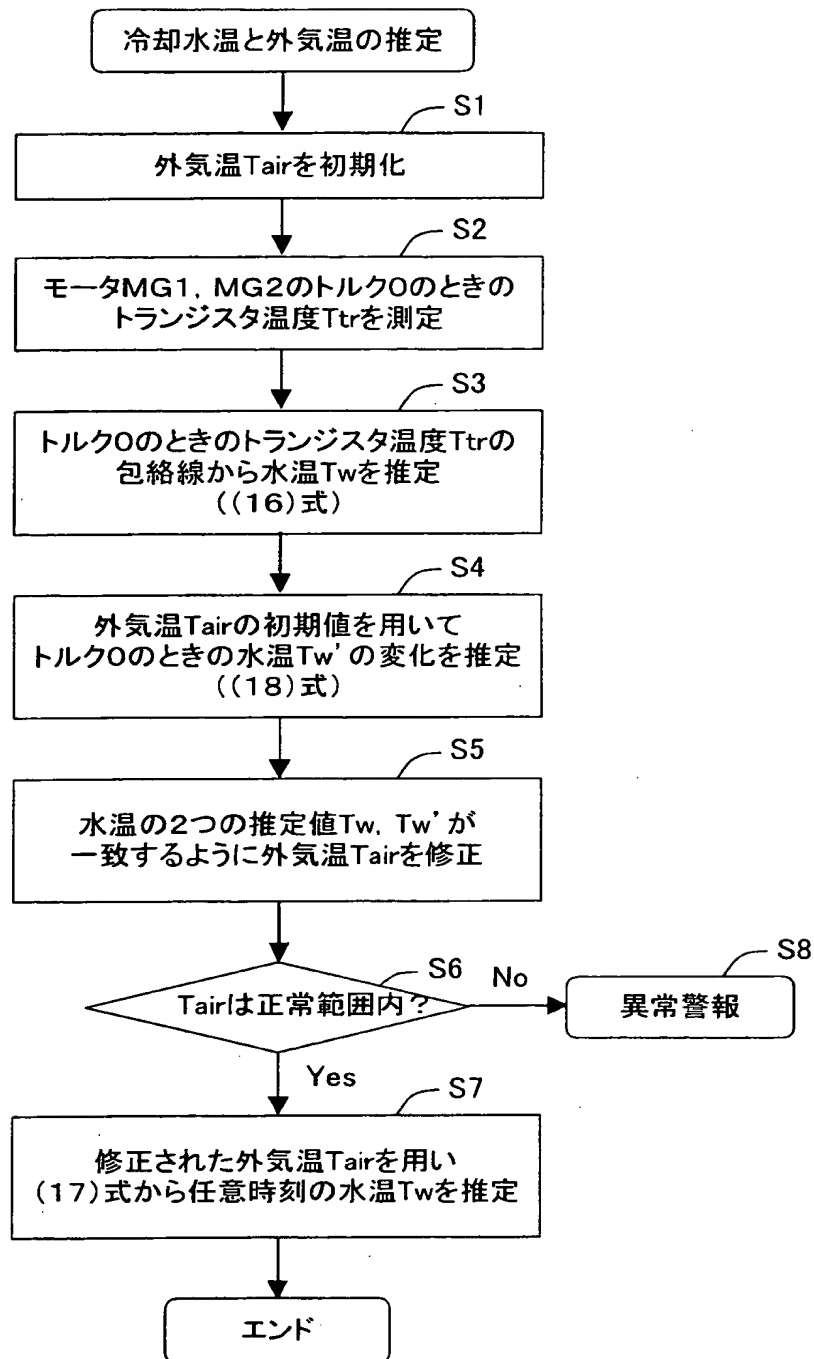
トランジスタ温度と冷却水温度の変化



【図 1 2】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 温度の被推定部分に関する物理的特性の温度依存性を直接利用する方法以外の手段で温度を推定することのできる技術を提供する。

【解決手段】 トランジスタ 3 0 0 は発熱の有無に応じて比較的急速な温度変化を示し、冷却水 C L W は比較的緩慢な温度変化を示す。また、トランジスタ 3 0 0 の発熱が無いときには、両者はほぼ等しい温度に収束する。このとき、トランジスタ温度と冷却水温の一方の温度と、トランジスタ 3 0 0 の通電量とから、他方の温度を推定する。この方法は、モータのステータコイルとステータ鉄心との間の温度推定などの他の温度推定にも適用される。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003207]

1. 変更年月日 1990年 8月27日
[変更理由] 新規登録
住 所 愛知県豊田市トヨタ町1番地
氏 名 トヨタ自動車株式会社